Od solarne magline do planeta

NAUKA SE STALNO OBOGAĆUJE NOVIM SAZNANJIMA O JEDNOM PITANJU KOJE ODUVEK INTERESUJE NAUČNIKE: KADA JE NASTAO SUNČEV SISTEM? PRI TOM SE VEĆINA SLAŽE: NEŠTO VEOMA ZNAČAJNO DOGODILO SE PRE 4,6 MILIJARDI GODINA. NIKO POUZDANO NE ZNA ŠTA, ALI JE SIGURNO DA SU RAZMERE TOG DOGAĐAJA BILE GIGANTSKE, JER JE TADA RODIO I SUNČEV SISTEM

Koliko je star Sunčev sistem?

Na međunarodnom simpozijumu u Nici posvećenom nastanku Sunčevog sistema, starost od 4,6 milijardi godina prihvaćena je kao neosporna činjenica. Pošto je rođenje našeg sveta određeno s takvom tačnošću, onda to znači da nije reč o evoluciji, nego o naglom »skoku«. Nastanak je bio brz; neki naučnici smatraju da se dogodio u jednom trenutku.

Astrofizičari veruju da greška u određivanju vremena nastanka Sunčevog sistema ne može biti veća od 100 miliona godina. Štaviše, profesor Vaserburg, američki stručnjak za određivanje starosti mesečevog tla, smatra da starost Sunčevog sistema dostiže 4,55±0,01 milijardu godina. U tom slučaju greška ne premašuje 20 miliona godina. Ovdo treba imati u vidu da nije reč o starosti Vasione ili naše Galaksije.

Uticaj »sunčevog vetra«

Postoji nekoliko teoretskih modela formiranja Sunčevog sistema o kojima se diskutovalo na simpozijumu u Nici, ali naučnici se još nisu konačno opredelili za neki od njih. Kad stvore »model«, naučnici naknadno upoređuju teoretske postavke sa eksperimentalnim podacima. Svi modeli zasnivaju se na tome da se prvobitni polarni praoblak odvojio od galaktičke sredine, obrazujući kompaktni disk. O daljoj sudbini tog praoblaka mišljenja naučnika se razilaze.

Njujorški naučnik Kajmron tvrdi da se Sunce formiralo posle zgušnjavanja masa planeta iz preostale slobodne gasovite materije. Prema drugim hipotezama, Sunce je nastalo istovremeno s planetama. Gravitacioni sila Sunca, njegova toplota i »sunčev vetar« (strujanje korpuskularnih čestica iz Sunca) ispoljili su uticaj na obrazovanje planeta. Ali i ta hipoteza ima više varijanti. Po mišljenju naučnika Freda Hojla i Evri Šacmana, najznačajniju ulogu imalo je magnetsko polje, koje je čestice gasa moglo



NA OVOM CRTEŽU UMETNIK JE NACRTAO U NIZU SVE PLANETE I NJIHOVE STAZE, KOJE PRESECA JEDNA KOMETA. SASVIM U PREDNJEM PLANU UMETNIK JE UCRTAO TRANSPLUTON, HIPOTETIČNU DESETU PLANETU (O KOJOJ SE GOVORI U NAREDNOM TEKSTU)



TEMPERATURE NA PLANETI SU TIM NIŽE ŠTO JE ONA UDALJENIJA OD SUNCA (BELI KRUG). ZEMLJA (UCRTANA NA SVOJOJ ORBITI) SE NALAZI U TAKOZVANOJ »ŽIVOTNOJ ZONI« (ŽUTA BOJA)

NAJVEĆI SUNČEV TELESKOP NA SVETU, MAKMETOV (NA KIT PIKU), KAO I DRUGI, PROUČAVANJEM SUNCA MOŽE NAGOVESTITI NOVA SAZNANJA O ISTORIJI SUNČEVOG SISTEMA



učiniti »lepljivim«. To je moglo da izazove smanjenje brzine rotacije centra sistema koji se upravo stvarao i, istovremeno, ubrzanje rotacije perifernih zona. Švedski naučnici Arenijus i Alven pridaju presudan značaj jonizaciji sredine.

Formiranje »grudve snega«

Svi se slažu u tome da je formiranje planeta započelo »slepljivanjem« kosmičke prašine, koje se razvijalo veoma brzo. Po proračunima Kejmrona, proces je trajao svega 1.000 godina. Takva brzina nikoga više ne čudi. Prema rezultatime magnetne hidrodinamike, protosunčana maglina bila je u svojoj osnovi nestabilna i postojala je samo u relativno kratkoj fazi završne evolucije formiranja Sunčevog sistema.

»Slepljivanjem« prašine nastala je, kako to naučnici nazivaju, »grudva snega«, jer se čestice materije slepljuju poput snežne lopte. »Grudva« je na kraju dobila gigantske razmere. Tade su počele da deluju gravitacione sile — »grudve« se međusobno privlače, nagomilavaju. Slika nastajanja našeg sveta, kako su je nacrtali naučnici u Nici, izgledala je kao džinovska »borba grudvi snega«.

Veliko interesovanje izaziva eksperiment ostvaren u laboratoriji Instituta atomske fizike u Orseju, pod rukovodstvom profesora Mišela Morea. Naime, hipoteza o slepljivanju čestica smatrala se doskora nedovoljno opravdanom, jer se nametala pretpostavka da su čestice okružene nekom lepljivom materijom...

Svemirski »lepak«

Treba se setiti takozvanog »Vignerovog efekta«, koji je izazvao nesrećne slučajeve pri ispitivanju prvih atomskih reaktora. Pod dejstvom radijacije menjala se kristalna rešetka atoma grafita, što je izazvalo nagomilavanje energije. Dostigavši određenu veličinu, energija se oslobađala i izazivala povišenje temperature u reaktoru. Da li »Vignerov efekat« dejstvuje na silikatne čestitce kosmičke prašine koje su identične sadašnjim česticama mesečeve prašine? Taj efekat je mogao biti izazvan »sunčevim vetrom«.

Danas se smatra da je u početku svog postojanja Sunce bilo zvezda tipa T. To znači da je zračilo snažne mlazove čestica u vidu »sunčevog vetra«, koji je milion puta bio intenzivniji nego danas. Sunčevo zračenje jonizovalo je čestice rasejane u kosmičkom prostoru, naelektrizirajući ih snažnom energijom. Imajući u vidu to kolosalno zračenje, može se zamisliti da su se česatice, prezasićene energijom, uzajamno privlačile. To je, u stvari, bio onaj traženi »lepak«.

Mišel More je tražio potvrdu za svoju teoriju istražujući ponašanje mesečeve prašine u analognim uslovima. On je prašinu podvrgao dejstvu specijalnog uređaja koji je imitirao »sunčev vetar« i odgovarajuće jone sa brzinama 200 do 800 kilometara u sekundu. Izmleveni obrasci mesečevog tla, podvrgnuti takvom »bombardovanju« jonima, ispoljavali su sve osobenosti energetske prezasićenosti.

Predstoji nova serija ogleda. Na primer, jonizovana mesečeva prašina, kao i ona koja nije podvrgnuta ozračivanju, istražuje se u turbulentnoj sredini. Eksperimenti se izvode pomoću uređaja koji stvaraju protok vazduha nadzvučnim brzinama (100 metara u sekundu). Kada se mesečeva prašina ubaci u tunel a takvom turbulencijom, onda se ostvaruju uslovi gotovo identični onime koji su postojali u vreme stvaranja Sunčevog sistema. Naučnici se nadaju da ćemo se pomoću ovakvih eksperimenata približiti pravoj istini o nastanku Sunčevog sistema.

Potraga za transplutonima

IZGLEDA DA, SLIČNO ATMOSFERI NAŠE PLANETE, NI SUNČEV SISTEM NEMA EGZAKTNE GRANICE. MNOGI ASTRONOMI VERUJU DA DALEKO IZA PLUTONA KRUŽE TRANSPLUTONI, HIPOTETIČNE PLANETE, ZASADA NEVIDLJIVE I POMOĆU NAJMOĆNIJIH TELESKOPA

Deseta planeta?

Sve do pre kraj 18. veka astronomi su znali za samo šest planeta: Merkur, Veneru, Zemlju, Mars, Jupiter i Saturn. Međutim, Johanes Kepler je još u 15 veku, izračunavši relativnu udaljenost planeta od Sunca, utvrdio da je prostor između Marsa i Jupitera prevelik da bi bio prazan.

Granice se pomeraju

Krajem 18. veka naučnici Ticijus (Johann Titius) i Bodo (Johann Bode) su, empirijski, došli do formule pomoću koje se mogu izračunati udaljenosti planeta od Sunca:

$$E = 0{,}4 + n \cdot 0{,}3$$

gde je »E« udaljenost u astronomskim jedinicama (1 a. j. iznosi približno 1.500.000 km, odnosno koliko udaljenost Zemlje od Sunca), a »n« je broj planete u odnosu na njenu udaljenost: Merkur — 0, Venera — 1, Zemlja — 2, Mars — 4, Jupiter — 16, Saturn — 32. Očigledno, nedostaje »planeta« kojoj pripada broj 8. Kao što je poznato, umesto planete tu je kasnije otkriven prostrani pojas asteroida. Na osnovu Ticijus-Bode formule otkrivene su i dve planete: Uran i Neptun.

Uverenje da Neptun označuje krajnju granicu Sunčevog sistema poljuljano je 1915. godine. Tada su astronomi Lovel (Percival Lowell) i Pikering (William Pickering), proučavajući poremećaje na putanjama Urana i Neptuna, zaključili da bi se u sazvežđu Blizanaca morala nalaziti deveta planeta — kojoj je dato ime Pluton. Tek 1930. godine Pluton je otkriven: Klajd Tombo (Klyde Tombaugh) ga je, poredeći foto-ploče, pronašao baš na mestu koje su preporučili Lovel i Pikering. Na taj način su granice Sunčevog sistema iznova proširene.

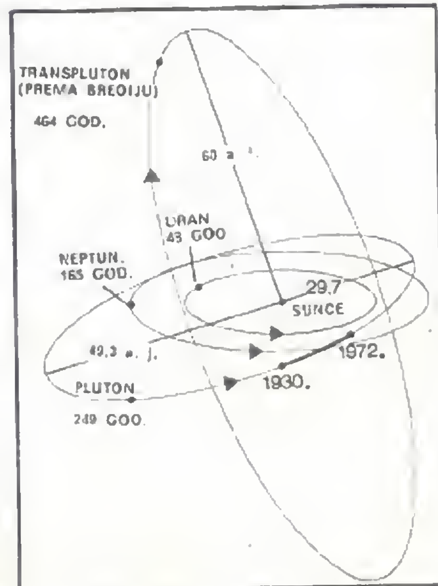
Pluton, međutim, nije zadovoljio sve astronome. Prema proračunima, trebalo je da po veličini, masi, gustini, pa i boji, liči na spoljne divovske planete. Pokazalo se, međutim, da je on sličan unutrašnjim planetama — Merkuru, Veneri, Zemlji i Marsu — kao i velikom Neptunovom mesecu Tritonu. I, prilično logično, pojavila se ideja da Pluton nije ona »prava« planeta, pa stoga treba tragati za »transplutonima«. Za Pluton je nađeno rešenje: neki astronomi smatraju da je on nekada bio Neptunov mesec, koji se, iz nepoznatih razloga, otkinuo sa svoje planetne putanje.

Kao tri Saturna

Prošle godine je Džozef Bredi (Joseph Brady), sa Univerziteta Kalifornija, postavio teoriju o planeti X (desetoj planeti) na osnovu nepravilnosti u kretanju Halijeve komete, čije vreme obilaska iznosi 76 godina; ponovo će biti vidljiva 1986. Ona je najpoznatija kometa, jer je čovek posmatrao već trideset njenih perihelnih prolazaka. U putanji Halijeve komete dolazi do čestih odstupanja: ili se pojavljivala sedmicama ranije, ili je kasnila. Bredi ove poremećaje tumači uticajem planete X, za koju je proračunao sledeće vrednosti: srednja udaljenost od Sunca 60 a. j., vreme obilaska 464 godina, ekscentricitet 0,07, nagib putanje u odnosu na ekliptiku 120 stepeni, masa 0,0009 Sunčeve, prividni sjaj između 13. i 14. veličine. Ona se, kako tvrdi Bredi, kreće u smeru suprotnom nego kod ostalih planeta. Masa joj je ogromna: oko tri puta veća nego kod Saturna. Ako postoji, deseta planeta se nalazi u sazvežđu Kasiopeje.

Razume se, hipoteze smele poput Bredijeve prihvataju se s velikom rezervom. Tako su nedavno dvojica naučnika sa Kalifornijskog instituta za tehnologiju — Piter Goldrajh (Peter Golreich) i Viljem Vord (Williem Ward) — zaključili da bi hipotetična deseta planeta vršila dva važna uticaja na ostale objekte u Sunčevom sistemu. Pre svega, ona bi uzrokovale da se sadašnja ravan u kojoj leže planete pomiče u otprilike deset miliona godina oko jedne ose koja leži blizu ravni. Zatim, ravanska konfiguracija spoljnih planeta (od Jupitera do Plutona) bi se, pod uticajem gravitacije planete X, poremetila tokom milion godina. A, tvrde dvojica naučnika, ove dve vrste deformacija nisu primećene, što dovodi u sumnju postojanje planete X. Oni nesklad u kretanju Halijeve komete, umesto uticajem desete planete, objašnjavaju negravitacionim silama — kao rezultat pritiska koji nastaje na stražnjem delu jezgra komete kad ono gubi nepostojanu materiju. Da bi se stiglo do prave istine o desetoj planeti, predstoje još mnoga astronomska istraživanja.

PO BREDIJEVIM PRORAČUNIMA, DESETA PLANETA BI TREBALO DA SE KREĆE POD NAGIBOM OD 120 STEPENI U ODNOSU NA RAVAN EKLIPTIKE



Najsjajnija „zvezda repatica“

Kometa sto

Tiho ledeno carstvo između spoljnih ivica Sunčevog sistema i najbližih zvezda verovatno presecaju rojevi kometa, čije orbite prolaze i oko Sunca. Privlačne sile zvezde ponekad ih prisiljavaju da napuste Sunčev sistem, a neke druge bivaju privučene ka centru našeg planetnog sistema.

I golim okom

Ka Suncu se upravo kreće Kohoutekova sa Hamburške opservatorije, na dve foto-kometa — »kometa stoleća«, kako su naučnici nazvali ovog spektakularnog posetioca iz svemirske tame. Otkrio je Lubos Kohoutek, ploče eksponirane 7. marta ove godine. Nešto kasnije, on je istu kometu zapazio i na foto-ploči eksponiranoj još krajem januara. U martu je kometa ličila na magličast, difuzni objekt 16. veličine. Kretala se sa zapada ka severozapadu, a sazvežđu Hidra, 440 miliona kilometara od Sunca (oko 4,7 astronomskih jedinica).

Tokom jula bila je još uvek između orbita Jupitera i Marsa, smanjujući udaljenost na oko 3,3 a.j. Nevidljiva u jutarnjem sutonu još od maja, zbog blizine sunca, tek će se od kraja septembra moći posmatrati na jutarnjem nebu i pomoću malog teleskopa, u sazvežđu Sekstant. Početkom oktobra će biti vidljiva kao objekt 9. veličine, a krajem meseca oko 7. veličine. Krajem novembra kometa će proći kroz Devicu, sjaja otprilike 2. veličine. Zatim će postajati sve sjajnija. Kroz perihelnu tačku svoje orbite proći će 28. decembra, u oko 11.00 časova po Griniču, na 21,2 miliona kilometara od Sunca.

Verovatno je da će po sjaju Kohoutekova kometa biti između — 5. i — 10. veličine, što znači da će se videti i golim okom usred jasnog dana. Poteškoća za posmatrače će biti njena mala udaljenost od Sunca. Početkom januara će se pojavljivati na jugozapadnom nebu, posle zalaska. Ako bude svetla koliko se očekuje i imala dug rep, tokom decembra će zaista biti spektakularna. Kako reče Stiven Meren (Sthephen Maran), vođa NASA-ine »Operacije Kohoutek«, govoreći o nekadašnjem strahu od »zvezda repatica«, oni koji kometu budu videli kad pođu na proslavu Nove godine, no treba da se sekiraju. »Treba da se zabrinu oni koji je budu videli sutradan ujutro«. Naime, kometa će već rano uveče zalaziti za horizont, odnosno neće se moći videti ujutro.

»Operacija kohoutek«

Otkriće ove komete devet meseci pre njenog perihela, omogućilo je da se precizno isplanira posmatranje kad bude prolazila blizu Sunca. NASA je, uz pomoć astronoma sa opservatorije Kit Pik i naučnika iz Centra za svemirske letove Godar, pripremila čitav program proučavanja. Veruje se da će ova »kometa stoleća« biti najviše proučavana »zvezda repatica« do danas. Planira se i proučavanje sa orbitalne opservatorije OSO-7, zatim sa letelica »Mariner« za Veneru i Merkur, koja će biti lansirana 3. novembra. Veruje se da će se proučavanju pridružiti i »Skajlab«, možda i sa četvrtom posadom. Praćenje komete će vršiti i mnoge druge zemlje, a i Komisija za fiziku kometa Međunarodne astronomske unije.

Naučnici se nadaju da će otkriti i izvor atoma vodonika registrovanih u golemom oblaku koji okružuje glavu komete — mozda vodu. Takođe, veruju da će videti koji se atomi pojavljuju u spektru kad je kometa blizu Sunca (kod ranijih je otkriven natrijum). Posmatranja Limanovog alfa-zračenja vodonika pomoću ultraljubičastih prostornih senzora mogla bi ukazati na temperaturu, gustinu i kretanje gasa u neizmernom oblaku oko komete.

200 milijardi kometa?

Niko ne zna odakle potiču komete. Proračuni koje su nedavno izveli Brajan (Brian) Marsden i Zdenek Sekanina, sa Smitsonijske astrofizičke opservatorije, iznova aktuelizuje rad Jana Orta (Oort), holandskog astrofizičara. On je 1950. godine izneo pretpostavku da se komete kreću unutar gigantskog »oblaka« (»Ortov oblak«), u kojem ih ima čak 200 milijardi! Ukupna masa ovih kometa iznosila bi 10 do 100 masa Zemlje, a prečnik oblaka — 150.000 a.j., odnosno kao udaljenost od nas do najbližih zvezda. Unutar oblaka, na kretanje kometa utiču i bliže zvezde, a i planete Sunčevog sistema. Po mišljenju Marsdena, one se nagomilavaju unutar

SA OVOG CRTEŽA SE VIDI POLOŽAJ KOHOUTEKOVE KOMETE IZMEĐU 1. OKTOBRA I 1. APRILA, U ODNOSU NA ZEMLJU I SUNCE

DVA »VIDEOGRAFA« KOHOUTEKOVE KOMETE (DESNO, IZNAD CENTRA) NAČINJENA NA KIT PIKU UZ POMOĆ INTEGRISANOG TELEVIZIJSKOG SISTEMA. LEVO: 3 — MINUTA EKSPOZICIJA U 03.57 ČASOVA; DESNO: 5 — MINUTA EKSPOZICIJA U 05.34 ČASOVA

KOMETA JE TIM SJAJNIJA ŠTO JE BLIŽA SUNCU. U DECEMBRU I JANUARU MOĆI ĆEMO DA POSMATRAMO VEROVATNO NAJSJAJNIJU »ZVEZDU REPATICU« OVOG VEKA, SVETLIJU OD SJAJNE KOMETE BENET (1969. GODINA) I HALEJEVE KOMETE KOJU ĆEMO PONOVO POSMATRATI 1986. GODINE

eća

prečnika od 50.000 a. j., gde je u poslednjih nekoliko miliona godina »nešto« veoma precizno oblikovalo njihove orbite.

Komete sadrže jezgro, verovatno svega nekoliko kilometara u prečniku, a retko više od 20 kilometara. Veće komete, poput Kohoutekove, mogle bi imati masu od preko trilion tona. Jazgro se najvarovatnije sastoji od sleđene vode, metana i amonijaka, i čestica prašine od raznih elemenata. Neki naučnici varuju da bi u jezgru moglo biti ugljovodonika, pa čak i složenijih molekula.

Period: 10.000 godina?

Kad se kometa približi Suncu na 200—300 miliona kilometara, toplota sunčeve radijacije isparava smrznutu vodu. Materijal iz jezgra ekspandira u komu, čiji je prečnik najčešće 20.000—80.000 km, a ona se širi u kolosalni oblak vodonika — kojeg je moguće registrovati jedino ultraljubičastim senzorima. Sunčeve toplota oslobađa prašinu iz jezgra i rasipa je u komu i rep. Postoje dve vrste repe: prav, uzan plavi rep i savijeni široki rep žute boja. Komete mogu imati jedan, oba ili nijedan. Plavi rep nastaje kao posledica emisije svetlosti iz jona ugljen-monoksida, a njegov pravac je rezultat interakcije sa »sunčevim vetrom«. Žuti, savijeni rep je posledica reflektovanja sunčeve svetlosti se prašine. Čestice sa, pod pritiskom sunčevog zračenja, udaljavaju auprotno od Sunce. Tako nastaju repovi dugi i 100—200 miliona kilometara.

Neke komete imaju kratak period — uglavnom između tri i devet godina — a druge od nekoliko desetina do više stotina godina. Kohoutekova kometa spada među one sa dugim periodom. Po mišljenju Marsdena, njezin orbitalni period bi mogao iznositi 10.000 godina, a možda i više.

Komete — poslednja šansa

Keko su komete nastale i otkad su na sadašnjim orbitama — to su pitanja na koja naučnici traže odgovor. Sigurno je da ga neće dobiti ni brzo ni lako. Ort je ranije mislio da komete potiču iz asteroidnog pojasa, odakle ih je Jupiter »odbacio« van Sunčevog sistema. Danas vlada jednodušno mišljenje da one potiču iz blizine Neptunove orbite, između 20 i 50 astronomskih jedinica daleko. Fred Vipl (Whipple) smatra da se Neptun i Uran sastoje od malih kometa. Kad su se ove planete formirale, mogle su imati dovoljno mase da »odbace« ostale komete. A. Kameron (Cameron) pretpostavlja da su se komete mogle formirati u satelitskim diskovima koji su se formirali oko solarne magline u vreme kad se ona kondenzovala. Ako su se komete zaista formirale negde na rubu Sunčevog sistema, na njima su se mogli zadržati uzorci primordijalnog materijala. Komete sa dugim periodom obilaska, kakva je Hohoutekova, u unutrašnjem delu Sunčevog sistema provode veoma malo vremena, pa na njima sunčevo zračenje i »sunčev vetar« gotovo i ne izazivaju neke modifikacije. Ranije se očekivalo da će Mesec pružiti naučnicima primordijalni materijal za proučavanje, ali se kasnije ispostavilo da su stene modifikovane lunarnim procesima. Otuda su, kako reče Stiven Meren, »kometa naša poslednja šansa«. Kohoutekova kometa — s obzirom na njene karakteristike — pogotovo!

SAVET ASTRONOMIMA – AMATERIMA

Dragoslav Parabucki sa Narodne opservatorije poslao nam je dopis kojeg objavljujemo u skraćenoj verziji:

»Pojava svake veće komete predstavlja značajan događaj i za profesionalne astronome i za amatere. Za posmatranje Kohoutekove komete astronomi se već uveliko pripremaju. Bilo bi, razume se, korisno i da svi jugoslovenski amateri koji imaju odgovarajuću opremu — uzmu učešća u posmatranju. Evo kratkih uputstava o sadržaju posmatranja:

1. Pažljivo praćenje promena oblika komete. Ono bi se moglo fotografisati ili crtati;
2. Merenje sjaja komete. Ono se vrši putem poređenja sa okolnim zvezdama poznatog sjaja. Pri tom je najbolje koristiti ekstrafokalnu metodu: zvezda poznatog sjaja se izvlačenjem okulara razmrlja, pa se njen sjaj uporedi sa sjajem komete;
3. Određivanje dimenzije glave i repa komete, u uglovnim jedinicama;
4. Praćenje promena u glavi komete, kao što je, naprimer, pojava svetlih mlazeva, itd.

Prilikom posmatranja mora se voditi računa da se beleži samo ono što se zaista vidi, bez ikakvih izmišljanja ili preterivanja, jer samo takva posmatranja imaju vrednost i mogu se korisno upotrebiti.

Pozivamo sve amatere da svoja posmatranja pošalju na adresu: Narodna opservatorija, Dizdareva kula, Kalemegdan, 11000 Beograd. Rezultati njihovih posmatranja će biti pregledani i, ako su zanimljivi i kvalitetni, biće korišćeni za dalju obradu i slanje odgovarajućim centrima u inostranstvu«.



OVAKO SE, 1759. GODINE, U LONDONU VIDELA HELIJEVA KOMETA, TAČNO U VREME KOJE JE HELI PREDVIDEO NA OSNOVU PRORAČUNA



KOMETA HELI (1910), KOJA ĆE PONOVO BITI VIDLJIVA TEK 1986.

Mehurovi materije i antimaterije

NAUČNICI VERUJU DA SU NAJZAD DOBILI DOKAZ O POSTOJANJU ANTISVEMIRA: U SPEKTRIMA GAMA-ZRAČENJA REGISTROVANOG ZA VREME MISIJA »APOLO-15« I »APOLO-16« UOČENA JE ČUDNA »IZBOČINA«

Dokaz postojanja antigalaksija?

Na Međunarodnom simpozijumu za astrofiziku gama-zračenja rečeno je da se u ova dva spektra vide pojava koja bi mogla biti posledica anihilacija koja se zbiva na granicama između materije i antimaterije.

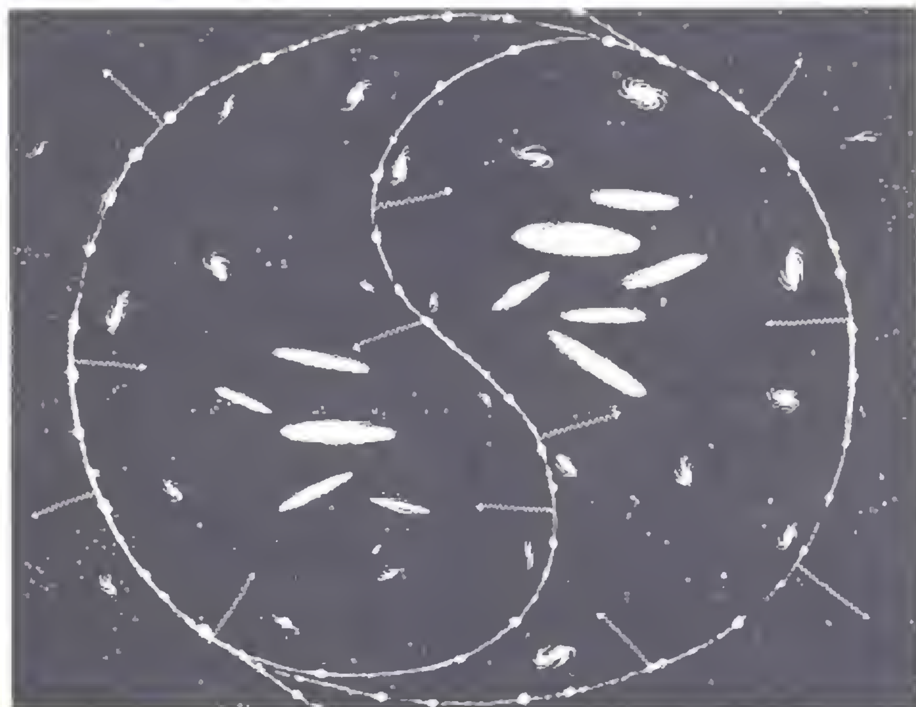
Antimaterija je za kosmologe trajan problem. Fizikalne teorije zahtevaju da svakoj količini materije korespondira količina antimaterije (vidi G. 16, str. 17). Ali smestiti antimateriju u ekspandirajući (po teoriji big-benga) svemir nije nimalo jednostavno. Poteškoća nastaju već na početku big-benga: materija i antimaterija bi bila veoma blizu i anihilirale jedna drugu; univerzum nikad ne bi izašao iz stanja u kojem sadrži samo rezultujuće gama-zračenje.

Pre nešto više od godinu dana, Rolan Omne (Rolend Omnès), iz Laboratorije za teorijsku fiziku u Orseju (Francuska), izjavio je da ove poteškoće mogu biti prevaziđene. Naime, u razdvajanju materije i antimaterije mogle bi pomoći faze tranzicionih procesa koje podsećaju na formiranje mehurića pare u tekućinama. Stoker (Stecker) i Žan-Lup Piže (Jean-Loup Puget), sa Opservatorije Pariz su, dalje, zaključili da su od vremena kad se univerzum rashladio dovoljno da bi stekao neutralne atome, mehurovi materije i antimaterije mogli porasti do razmera galaktičkih grozdova. Tada je, takođe, moglo doći do supersoničnih turbulencija, iz kojih bi — kondenzacijom i rotiranjem — mogle da se rode galaksije. Energija za formiranje i rotaciju galaksija obezbeđivala bi se anihilacijom koja se događa na granicama između materije i antimaterije. Staker i Piže su otkrili da mogu proračunati veličine, srednja gustine i brzina rotiranje galaksija — kao posledicu svoje teorije.

Opservacioni dokazi prikupljani za vreme letove »Apolo—15« i »Apolo—16«, kao i neki drugi rezultati, odgovaraju teoriji Stekera i Pižes. Reč je o izbočini u gama-spektru, negde između milion i sto miliona elektron-volti. To je baš područja gde bi se, teoretski, mogli očekivati gama-zraci iz anihilacije. Pri eksperimentima u laboratoriji, anihilacija, istina, prouzrokuje gama-zračanje više energije nego što je to evidentirano u svemiru. Ali, to se može objasniti pretpostavkom da i granični regioni učestvuju u ekspanziji univerzuma: otuda bi njihovo gama-zračenje bilo pomaknuto ka crvenom delu spektra, odnosno ka nižim energijama.

Steker i Piže, dakle, smatraju da »izbočina« u spektru predstavija komponentu vangalaktičkog gama-zračenja koja se najbolje može objasniti anihilacionom radijacijom. Oni su izdvojili sve druge moguća izvore gama-zračenja i još uvek je ostao jedan deo, koji »ne može da se objasni ni na koji drugi način osim anihilacijom«. Naučnici se nadaju da će satelit HEAO (High Energy Astronomy Observatory) pružiti nove podatke o ovom pitanju.

GALAKSIJE I ANTIGALAKSIJE: UMETNIČKA VIZIJA MATERIJE (LEVO) I ANTIMATERIJE (DESNO) U UNIVERZUMU. GAMA-ZRAČENJE NASTAJE NA GRANICAMA MEHUROVA. DA LI PODACI SA BRODOVA »APOLO-15« I »APOLO-16« POTVRĐUJU OVU HIPOTEZU?



VEOMA MLADE GALAKSIJE



Markarijanske galaksija su neobične skupine, čiji spektar pokazuje snažnu neprekidnu ultraljubičastu emisiju. Ime su dobile po B. E. Markarjanu, sa Bjurakenske opservatorije, koji ih je 1967. godine otkrio 507. Spektar ovih galaksija ukazuje na snažno ili čak eksplozivno oslobađanje energije.

Izgleda da su neke od njih veoma mlade. Naime, parovi markarijanskih galaksija su mnogo učestaliji nego što bi se to moglo očekivati u slučajnoj nebeskoj distribuciji. Među njih 507, ima čak 18 parova i jedan tripl. Dokazano je da većina ovih kombinacija predstavlja fizički sistem, a ne slučajno grupisanje. Za par 56—57 proračunata je masa od 1.7 x 10,12 Sunčevih. To je nekoliko puta više nego što pokazuju proračuni iz njihovog zračenja na 21 cm (zračenja vodonika). Iz toga naučnici zaključuju da markarijanske galaksije imaju pozitivnu energiju, odnosno da im se komponente udaljuju. Na osnovu toga je izračunato da je razdvajanje počelo pre najviše $1,5 \times 10^8$ do 1×10^9 godina. Drugim rečima, neke markarijanske galaksija su između 1 i 100 puta mlađe od univerzuma — ako su proračuni tačni. (Na slici: par 261-262 markarijanskih galaksija).

ČOVEK I UNIVERZUM

Na nedavno održanoj Međunarodnoj astrofizičkoj konferenciji naročito je zapaženo izlaganje prinstonskog fizičara Džona Vilera (John Wheeler), koji je govorio o filozofiji nauke i čovekovom mestu u univerzumu.

»Gledajući zvezde koje kolapsiraju u pulsare i na kraju u crne jame«, rekao je, »mi vidimo »eksperimentalni model« prvobitnog kolapsa univerzuma. U takvom kolapsu fizikalni zakoni ne mogu da opstanu; oni ne bivaju srušeni, nego postaju transcedentni«. Pominjući da čak i usled slabašnih promena u fizikalnim konstantama život može postati nemoguć, ma gde u svemiru, on je rekao da su fizikalni zakoni »mnogo tešnje vezani za čoveka-posmatrača nego što se ikad ranije mislilo«.

Viner smatra da čovek sebe mora gledati kao »učesnika« u univerzumu, a ne kao »posmatrača«. On je to uporedio sa atomskim istraživanjima, u kojima čovek da bi izvršio merenje — menja sistem. »Među svim ljudskim dobrima«, rekao je na kraju, »nema nijednog toliko uzvišenog kao što je nauka«. Zato će ona omogućiti da se reši »najveća od svih misterija — zašto radije postoji nešto nego ništa«.

STOTI PULSAR

Radio-teleskopom Džodril Benk (Jodrell Bank) otkriven je stoti pulsar, obeležen sa PSR 1831-04. To je, inače, 38. pulsar otkriven ovim radio-teleskopom. Otkriće je načinjeno tokom proučavanja pulsarskih pozicija čiji je cilj provera teorija po kojoj su pulsari — ostaci eksplozija supernova.

DVE CRNE JAME?

Astrofizičari veruju da kondenzovane komponente nekih binarnih zvezda mogu biti crne jame. Takva dva »kandidata« registrovana su krajem prošle godine. Sada je iz Australije stigla vest o još dva izvora: binarnim objektima 2U0900-40 i 2U1700-37.

Da li je takav kondenzovani objekt crna jama — zavisi od njegove mase. Ako je masa ispod izvesne granice, izvor će biti neutronska zvezda. Ta granica varira između jedne i nekoliko masa Sunca. Masa kondenzovanog objekta u 2U0900-40 iznosi između 2,6 i 3,1 solarne mase, što je — po nekim proračunima — baš granična vrednost. Prema tome, kondenzovani objekt u 2U0900-40 mogao bi biti crna jama. Slične vrednosti su dobijene i za 2U1700-37.

DVOSTRUKI BELI PATULJAK

Poredeći parove foto-ploča na Maunt Palomaru, astronomi su otkrili dvostrukog belog patuljaka u sazvežđu Lava. Obe komponente su približno 16. veličine. Po svemu sudeći, međusobna udaljenost im iznosi oko 95 milijardi kilometara, a period obrtanja oko 12.000 godina.

U »GALAKSIJI« BR. 4 (STR. 11) PISALI SMO O ODEĆI SOVJETSKIH KOSMONAUTA. SADA OBJAVLJUJEMO TEKST O AMERIČKOJ SVEMIRSKOJ ODEĆI

Odelo američkih astronauta

Svemirsko odelo je neka vrsta »ličnog svemirskog broda« koji odvaja čoveka od negostoljubive i smrtonosne svemirske okoline. Kad bi astronaut na tlo Meseca stupio nezaštićen, gasovi u njegovom telu naglo bi ekspandirali, a njegova telesna tečnost uzavrela; rezultat: trenutna smrt. Osim toga, po danu bi bilo izložen temperaturi od 130°C, a kad nastupi noć temperature bi naglo pala na minus 40, 100 ili čak 130°C ispod nule.

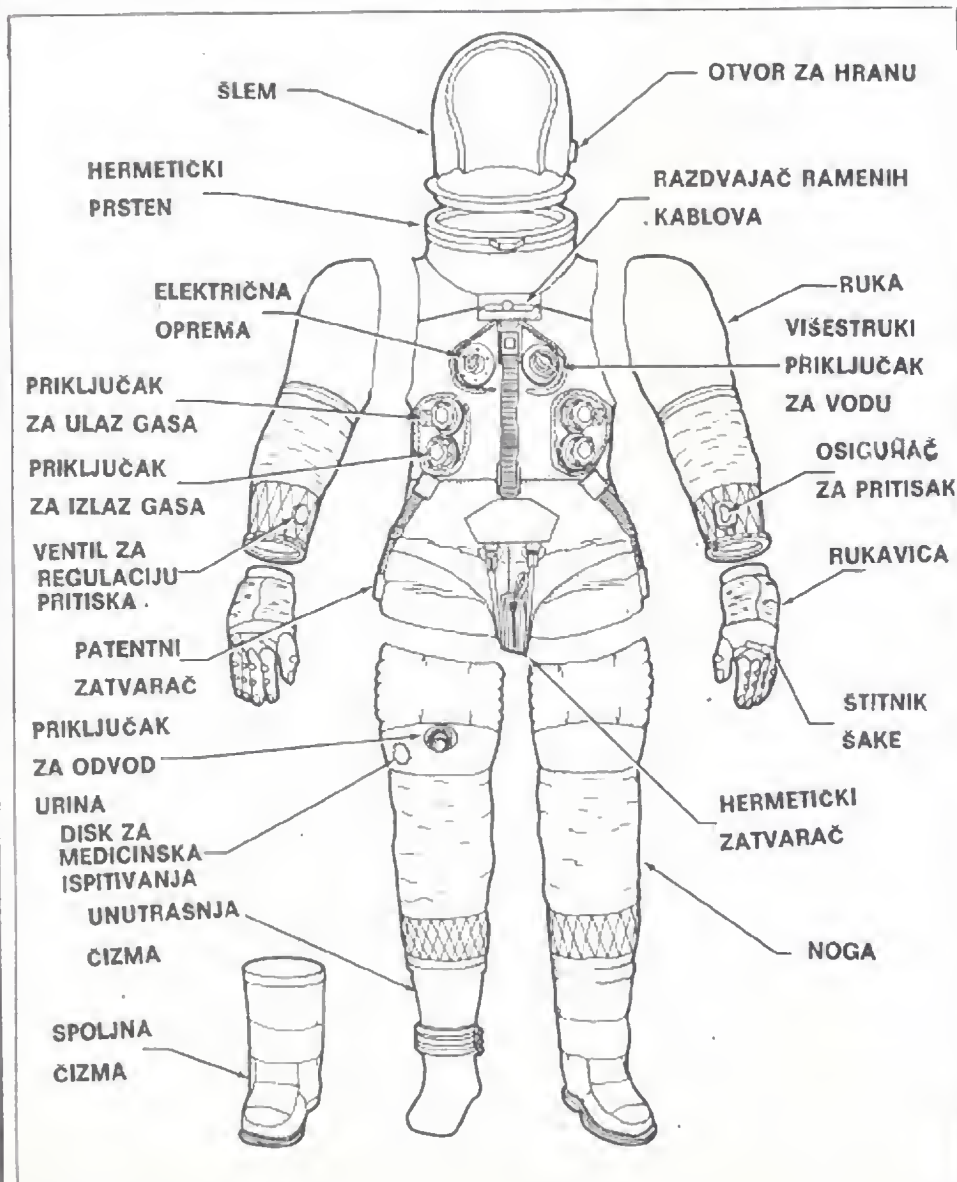
Američka svemirska odeća načinjena je od najlona prevučenog neoprenom. Ona ne propušta gasove, a kiseonik zadržava pod pritiskom dovoljnim za očuvanje krvi u tekućem stanju, zadržavanje gasova u tkivu i normalno disanje. Dodatni sloj veoma tankog plastičnog filma, prevučenog srebrnim aluminijumom i odvojen slojem od staklastih vlakna, služi kao toplotni izolator.

Prvi pokušaji da se napravi odelo za boravak pilota u visinama gde je pritisak osetno smanjen, učinjen je još 1930. godine. Ali ta »vreća pod pritiskom« bila je neprikladna zbog svoje krutosti. Tokom sledećih 30 godina stalno se radilo na povećanju pokretljivosti odela pod pritiskom. Piloti supersoničnih aviona, a i astronauti u »Merkjuri« i »Džemini« programu bili su vezani uz svoja kabine i njihovi zahtevi za pokretanjem tela i nogu nisu bili veliki. Za astronaute »Merkjuri« programa bilo je adaptirano odelo američkih vojnih pilota. Odelo »Džemini« astronauta je već pretrpelo veća preinačenja. Umesto fleksibilnih spojeva čitavo odelo je, posebnom konstrukcijom, učinjeno savitljivim.

U programu »Apolo«, astronautima je bilo potrebno odelo koje bi im dozvoljavalo da se provlače kroz mali otvor na lunarnom modulu, i da se kreću po mesečevoj površini i sakupljaju uzorke tla. Njihovo odelo je konstruisano od spojeva koji liče na mehove. Pri savijanju, ovi mehovi održavaju konstantan unutrašnji volumen, tako da je kretanje tela slobodno čak i kad je odelo pod punim pritiskom. Opremu neophodnu za održanje života astronaut nosi u torbi na svojim leđima: kiseonik za disanje, vodu za rashlađivanje, uređaje za odstranjivanje ugljendioksida i vlage iz kiseonika. Šlem je izrađen od veoma čvrste polikarbonatne plastike, a za odsk je pričvršćen pomoću jednog hermetičkog okovrat nika. Za razliku od šlemova »Merkjuri« i »Džemini« šlem »Apolo« se ne pokreće zajedno sa glavom nego je fiksiran za odelo. Pre izlaska van brod na šlem se stavlja poseban štitnik protiv ultraju bičastog zračenja. Rukavice su takve da astronau može slobodno koristiti alat i kontrolisati svoju ode ću. U njih su ugrađene metalne šipke koje rukavic formiraju prema obliku ruka. Uz to su izolovane kako bi ruke sačuvale od visokih ili niskih tem peratura objekata sa površine Meseca. Prsti ru kavice su napravljeni od silikonske gume, koja j otporna na trošenje, a istovremeno omogućuje osc ćanje dodira. Čizme za hodanje po Mesecu se na vlače preko čizama koje su integralni deo svemirskog odela.

Kasniji modeli »Apolo« odeće omogućavali s astronautima boravak van broda u trajanju od se dam do osam sati. Nosili su i dodatni kiseonik koji je dozvoljavao produženi boravak od sat i po Sistem za komuniciranje omogućavao je astronau tima da međusobno razgovaraju, a ujedno je pre nosio medicinske podatke na brod, a preko njeg na Zemlju. Odelo je zajedno sa dodatnom opremo teško oko 80 kg, a pravi se za svakog astronaut posebno.

ODELO ČLANOVA POSADE »APOLO«



VOLTER ŠIRA (WALTER SCHIRRA) U RANGJOJ AMERIČKOJ SVEMIRSKOJ ODEĆI, PRED POLETANJE U KAPSULI »MERKJURI«, 3. OKTOBRA 1962. GODINE





TEHNIČAR VRŠI ISPITIVANJE SVEMIRSKOG ODELA KOJE ĆE ČARL KONRAD (CHARLES CONRAD) NOSITI U SVEMIRSKOJ LABORATORIJI »SKAJLAB«

O MUNJAMA SE GOVORI MANJE NEGO O HARIKENU ILI TORNADU, MADA ODNOSE VIŠE LJUDSKIH ŽIVOTA NEGO OVI SNAŽNI VETROVI. NAUČNICI SU POSTIGLI OHRABRUJUĆE REZULTATE U NASTOJANJU DA OD OLUJNIH OBLAKA ODUZMU NJIHOV ELEKTRIČNI ARSENAL

Oluje bez munja

Nekada se verovalo da je udar groma božanski čin kažnjavanja grešnika. Smatralo se, međutim, da se ne događa često. Danas ljudi znaju da je to prirodna pojava, ali i dalje veruju da je retka i da tek poneko od nje nastrada. Međutim, samo u SAD od groma godišnje pogine 600 ljudi, a 1.200 biva povređeno; materijalna šteta premašuje 100 miliona dolara.

Oblaci zasejani »plevom«

Ako se neki šiljasti elektroprovodljiv predmet uvede u snažno električno polje — kao što je olujni oblak — on se polarizuje, dobija pozitivan i negativan pol. Električno nabijene čestice, joni, izbijaju iz šiljastih krajeva — pozitivni joni iz pozitivnog pola, a negativni joni iz negativnog pola. Ovaj fenomen naziva se »koronarno pražnjenje«. Takav rezultujući tok jona često se može videti kao slabi sjaj na krajevima avionskih krila ili na vrhovima krošnji.

Kad je povećana električna provodljivost atmosfere, električni tovar iz olujnog oblaka se kontinualno oslobađa, umesto da se formira ka tački u kojoj bi se moglo dogoditi pražnjenje. U normalnim okolnostima, međutim električno polje u oblaku se pojačava u jednoj tački i zatim naglo slabi. Naučnici američke Nacionalne okeanske i atmosferske administracije su električno polje olujnog oblaka zasejali provodljivom »plevom« — 10 cm dugim aluminiziranim najlonskim vlaknima — i zatim merili vreme slabljenja polja. Ustanovili su da ono u tom slučaju slabi pet puta brže. Ovi rezultati nisu pouzdani za statističke analize, ali mogućnost da čovek svojom intervencijom smanji električni potencijal oblaka — deluju veoma ohrabrujuće.

RAĐANJE MUNJA: IZ AVIONA NA 13.500 m VISINE NAUČNICI SU SNIMALI RAPIDNI RAST »ĆELIJE« NA VRHU OLUJNOG OBLAKA (LEVO), KOJA SE TOKOM 30 SEKUNDI POTPUNO RAZVILA (DESNO). NAKON NEKOLIKO MINUTA JE KOLAPSIRALA, A ZATIM SE KA ZEMLJI STROPOŠTALO NEKOLIKO MUNJA



Kako nastaju munje

Gromovi su i najveći izazivač šumskih požara: samo u SAD bude ih više od 10.000 godišnje. Većina šumskih požara je manjeg obima i njihovo širenje se brzo lokalizuje ali čak i tada nanose štetu šumskom ekosistemu. Oni najlakše izbijaju kad su stabla suha, na kraju dugog perioda suše. Stoga se još odavno zaključilo da je najlogičniji način sprečavanja požara — održati drveće mokrim, kroz povećanje padavina ili relativne vlažnosti.

Na žalost, sušno vreme, koje stabla čini zapaljivim, obeleženo je potpunim odsustvom oblaka. A bez oblaka, zna se, nije moguće stvoriti kišu. Ali, reći će neko, bez kišnih oblaka nema ni grmljavine, pa — prema tome — ni gromova. Takvo mišljenje je, međutim, pogrešno: prvi oblaci koji se pojavljuju nakon suše su mali, marginalni; proizvode veoma malo kiše i — veoma mnogo munja.

Stoga su se istraživači okrenuli drugom cilju: mogućnosti direktnog redukovanja munja. Nije još sasvim utvrđeno kako olujni oblak postaje naelektrisan, ali je poznato da u njegovim gornjim smrznutim slojevima nastaje pozitivno nabijena oblast, a u donjim negativna. U normalnim okolnostima, tlo je negativno naelektrisano u odnosu na atmosferu. Kad iznad njega prolazi negativno naelektrisan olujni oblak, indukuje se pozitivan naboj na tlu. Ovaj pozitivni naboj sledi oblak kao senka, »bujajući« na drveću i visokim zgradama, u težnji da uspostavi protok struje između oblaka i tla. Kad razlika između pozitivnog i negativnog naboja postane dovoljno velika da nadvlada izolacioni efekat vazduha — pojavljuju se munje.

Tri konstituenta za elektrizaciju

Ustanovljeno je da elektriziranje oblaka ima vezu sa prisustvom i njem pokrivenih skupina lednih kristala, jako rashlađenih vodenih kapljica i slobodnih kristala leda — svih zajedno. Ako su ledni kristali ili vodene kapljice mali, elektrizacija je slabija. Shodno tome, naučnici su zaključili da bi u oblak »zasejani« kristali srebrnog jodida izazvali smrzavanje jako rashlađene vode oko njih, otklanjajući na taj način jedan od tri konstituenta neophodna za elektrizaciju. Eksperimenti ove vrste pokazali su da »zasejani« oblaci proizvode 66 odsto malih oblak-tlo bleskova manje nego »nezasejani« oblaci, 52 odsto manje pražnjenja među oblacima i 54 odsto manje potpunih munja. Smanjila se i učestalost uzastopnih bleskova: iznosila je prosečno, tokom petminutnog perioda, 8,8 bleskova za »nezasejane«, a 5,0 za »zasejane« oblake. Prosečno trajanje pražnjenja smanjilo se na 182 mili-sekunda za »zasejane«, prema 235 za »nezasejane«. Još su zanimljiviji podaci o kontinuiranom protoku struje u »hibridnim« pražnjenjima: sa 187 opalo je na 115 milisekunda. S obzirom na uverenje da su te vrste munja najčešći uzročnici požara, ovi podaci su zaista ohrabrujući. To je putokaz ka oslobađanju olujnih oblaka od njihovog električnog potencijala koji — u obliku munja — donosi požare, strah, povredo, a ne tako retko i smrt.



IZAZIVAČ POŽARA: OVA DŽINOVSKA MUNJA ZAPARALA JE NEBO I UDARILA U JEDNO DRVO, IZAZVAVŠI TIME VELIKI ŠUMSKI POŽAR

Sovjetski naučnici otkrili antitricijum

NA NOVOM DŽINOVSKOM AKCELERATORU U PROTIVNU, 200 KILOMETARA OD MOSKVE, ISTRAŽIVAČI INSTITUTA ZA FIZIKU VISOKIH ENERGIJA IZ DUBNE U ZAJEDNIČKIM EKSPERIMENTIMA OTKRILI SU JEZGRA ANTITRICIJUMA — NAJTEŽEG IZOTOPA ANTIVODONIKA. SOVJETSKI NAUČNICI IZNOSE ZNAČAJ TOG OTKRIĆA

Glasnici antisveta

Otkrića antitricijuma ponovo je potvrdilo postojanje antimaterija u svemiru, tj. atoma suprotnog naboja nego kod nas na Zemlji. Iz toga proizlazi i verovatnoća postojanja antisvetova u svemiru izjavio je Anatolij Logunov, član Akademije nauka SSSR, direktor Instituta za fiziku visokih energija, poznati nuklearni teoretičar.

Veliki značaj eksperimenta

Veoma suptilni eksperimenat, koji ima veliki značaj za upoznavanje mikrosveta i dalekosežne posledice za astrofiziku, trajao je 400 časova. Za to vreme kroz uređaj je prošlo stotinu milijardi atomskih jezgara, među kojima je trebalo otkriti i izdvojiti svega nekoliko jezgara antitricijuma. Ako bi se taj odnos prikazao na grafikonu, a tim da se dobijeni antitricijum označi crticom od jednog milimetra, sve ostale čestice morale bi se prikazati linijom dužine Zemljinog ekvatora.

Otkrivanje i raspoznavanje antitricijuma istovremeno je vršeno putem nekoliko metoda i po različitim kriterijumima. Na primer, brzina prolaženja čestica određivana je po trajanju proletanja kroz akcelerator, i lokalno — u svakoj tački i u svakom momentu proletanja. Višekanalni čerenkovljevski brojač sa hodoskopskim foto multiplikatorom, prvi put korišćenim u takvim eksperimentima, omogućio je da se odredi brzina čestice. Tačnost merenja dostizala je nanosekunde (desetmilijardite delove sekunde). Čitav kompleks informacija je neprekidno, u toku trajanja eksperimenta, obrađivan elektronskim računarom, što je omogućilo preciznu i postojanu kontrolu toka istraživanja.

Druga etapa u istraživanju antimaterije

— To predstavlja drugu važnu etapu u istraživaju antimaterije na našem 70-milijardnom akceleratoru — izjavio je Vjačeslav Kutjin, naučni sekretar Instituta za fiziku visokih energija, takođe učesnik eksperimenta za dobijanje antihelijuma. — Prvom se fazom može smatrati dobijanje antihelijuma-3.

Svojevremeno je otkrivanje antihelijuma nagovestilo simetriju Vasione, o postojanju u njoj materije i antimaterije. Ipak, preostala je sumnja da li će i koliko stečena saznanja biti merilo i za druge »kurire« antisveta. U njih su među prve naučnici ubrajali antitricijum, najteži izotop antivodonika i (po Periodičnoj tablici elemenata Mendeljejeva) prvi sused antihelijuma. On se od njega razlikuje samo jednom jedinicom naboja, a ravan mu je po količini antičestica (u jednom i drugom ih ima tri).

Strategija i taktika u eksperimentu u mnogome se oslanjala na podatke dobijene pri izučavanju antihelijuma. Važno je bilo da se sazna da li je otkrivena zakonitost u stvaranju antičestica univerzalna za sva jezgra antimaterija, odnosno antisveta, ili postoje još neotkrivene tajne.

Antitricijum opravdao očekivanja

Sovjetski naučnici smatraju da je »antitricijum potpuno opravdao nade koje su se u njega polagale«. Mehanizam elementarnih procesa pri »rađanju« antimaterije postao je sada mnogo jasniji. Na primer, može se smatrati dokazanim da sile unutar jezgra ne zavise od naboja. Drugim rečima, silama koje dejstvuju među česticama potpuno su slične sile koje dejstvuju među antičesticama.

Ne manje je značajna i hipoteza o smanjenju verovatnoće stvaranja sledećeg, težeg nuklearnog antijezgra antihelijuma 14. Za njegovo dobijanje moraće se utrošiti mnogo više vremena.

Činjenice o fundamentalnim osnovama stvaranja antimaterije imaju suštastvenu ulogu u globalnoj teoriji o arhitekturi Vasione ističe akademik Logunov. Moguće je da će dosad otkrivene antičestice osvetliti i prastaru zagonetku o ulozi antimaterije u Vasioni i mestu koje ona zauzima u njoj.

Profesor dr Prokoškin smatra: Pošto antičestica podleže istim silama i zakonima kao obične elementarne čestice, kombinacija jednog pozitrona (antielektrona) sa antiprotonom, morala bi da stvori antiatom, tj. antivodonik. Na sličan način bi se uspelo i u stvaranju težih antiatoma, na primer, antikiseonika. Ako bi se u određenoj razmeri pomešao antivodonik i antikiseonik, dobio bi se antipraskavi gas, odnosno, antivoda H_2O.

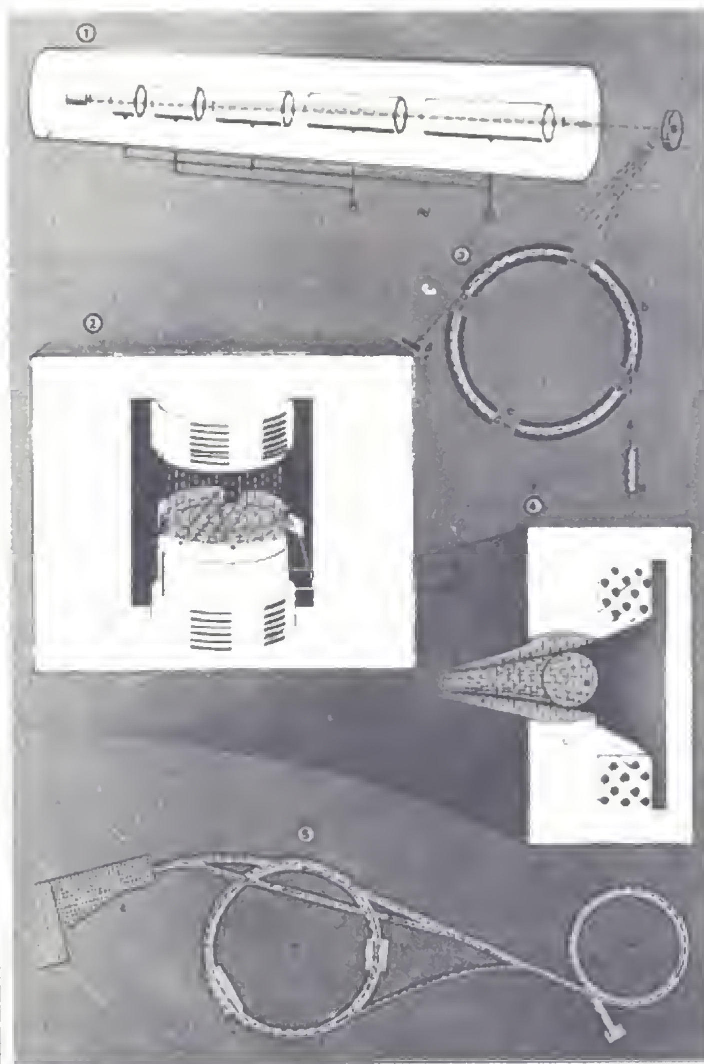
Specifičnost odnosa materije i antimaterija sastoji se u toma što se pri kontaktu čestice i antičestice poništavaju (anihiliraju). Pri tom nastaje džinovska eksplozija. Energija, imanent na njihovim masama u mirovanju $(E=mc^2)$ transformiše se u zračenja. Ne postoji nijedan drugi proces u kome bi se oslobađala tako ogromna količina energije.

Antimeteoriti i antineutrina

Istraživanje i dobijanje antitricijuma potvrđuju postojanje zakona simetrije materije i antimaterije. Oni potvrđuju i teoretsku mogućnost stvaranja težih antijezgara, ali se te perspektive ne mogu smatrati previše optimističkim zbog toga što se povećanjem mase antičestica smanjuje verovatnoća njihovog dobijanja. To nagoveštava i dosadašnja produktivnost akceleratora u Serpuhovu, koji godišnje proizvodi 10^{-7} grama antimaterija, pretežno antiprotona. Antijezgra proizvedena u akceleratorima su, po svemu sudeći, jedine količine kratkotrajne antimaterije na Zemlji. Danas se može reći i to da su Mesec, Sunce, Venera, Merkur i Mars sačinjeni od istog tipa materije kao i Zemlja. Tela u svemiru koja se sastoje od antimaterije i ako takva uopšte postoje u našoj galaksiji — mogla i u vidu antimeteorita da dospeju na našu planetu. Međutim, takav događaj, izuzev problematičnog »Tunguskog meteorita« (za koji neki istraživači pretpostavljaju, ali ne mogu to i da dokažu, da je bio sačinjen od antimaterije) nije dosad bio registrovan.

Otkrivanje antitricijuma predstavlja još jedan, ali još uvek posredan dokaz postojanja antimaterija u svemiru. Naučnici očekuju da će neposredne i nedvosmislene dokaze o postojanju antisvetova u Vasioni dobiti pomoću antineutrina koje isijavaju antimaterijalni objekti svemira. obične zvezde emituju neutrina, a antizvezde — antineutrina. Dosad su neutrini otkriveni u blizini nuklearnih reaktora i akceleratora. Za sunčanim i zvezdanim, odnosno antizvezdanim neutrinima se traga pomoću satelita opremljenih specijalnim instrumentima rendgenske i gama-astronomije, kao i podzemnim »teleskopima« (velikim rezervoarima, ispunjenim hemikalijama u kojima se može registrovati reakcija veoma prodornih neutrina pri prolaženju kroz taj rezervoar).

Konačan odgovor na pitanje da li i gde postoje antisvetovi imaće za astrofizičare ogroman značaj. Jer ovladavanje antimaterijom, značilo bi ne samo skidanje velova sa tajni koje se još kriju u Vasioni, nego i sa zagonetke fantastičnog izvora energije koja se stvara pri anihilaciji. Ta energija je hiljadama puta moćnija od nuklearne.



PRINCIP DEJSTVA AKCELERATORA : 1. LINEARNI AKCELERATOR SA METOM (a); 2. CIKLOTRON; 3. SINHROFAZOTRON SA IZVOROM ČESTICA (JONSKI IZVOR SA LINEARNIM AKCELERATOROM), b — VODEĆI KANAL, c — KANAL UBRZAVANJA, d — META; 4. PRESEK KROZ VODEĆI KANAL ISTOG SINHROFAZOTRONA, a — EVAKUISANE PRSTENASTE CEVI, b — KOTVA, c — POLJNI NAMOTAJI; 5. ELEKTRONSKI SINHROTRON (NA ČIJEM PRINCIPU FUNKCIONISANJA JE STVOREN TRICIJUM, a — PRED — AKCELERATOR, b — GLAVNI AKCELERATOR, c — LABORATORIJE

Princip rada optičkog rezonatora

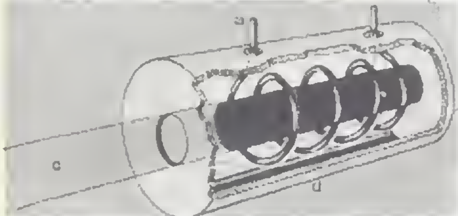
MADA JE OD POJAVE PRVOG LASERA PROŠLO SAMO TRINAEST GODINA, ON SE DANAS PRIMENJUJE U NAJRAZLIČITIJIM OBLASTIMA NAUKE I TEHNIKE. ISTRAŽIVANJA VRŠENA NA NAJŠIREM PLANU OMOGUĆILA SU KONSTRUISANJE LASERA SA VEOMA RAZLIČITIM RADNIM MEDIJIMA I POSTIZANJE VEOMA ZNAČAJNIH PRAKTIČNIH REZULTATA

Era lasera

Laser (skraćenica od engleskog naziva Light Amplifikation by Stimulated Emission of Radiation — »Pojačavanje svetlosti stimulisanom emisijom zračenja«), je svetlosni izvor koji isijava koherentne svetlosne talase veoma konstantne frekvencije i sa veoma dobrom usnopljenošću. To se postiže apsorpcijom svetlosnih kvanta u nekom pogodnom materijalu (laserskom mediju), čiji se atomi, molekuli ili joni, pobuđuju primanjem spolja neke stimulišuće energije.

Princip rada lasera

Pri prolasku naizmenične struje kroz neku sredinu stvara se elektromagnetsko po-

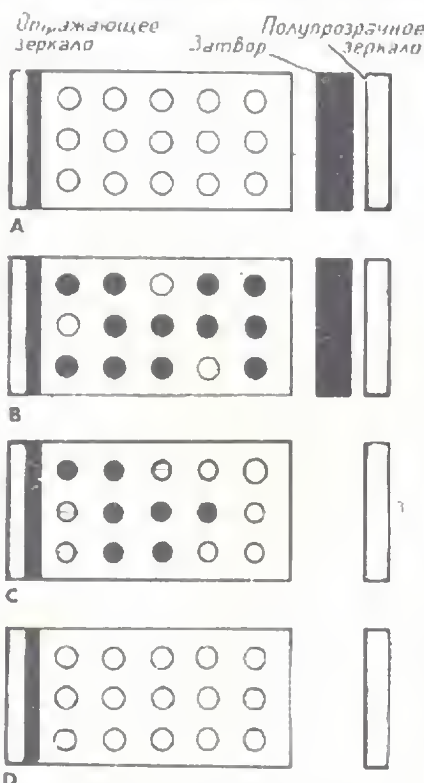


SHEMA RUBINSKOG LASERA: SVETLOST BLIC-LAMPE (a) STVARA U KRISTALU RUBINA (b) POBUĐENE ATOME, ČIJA SVETLOST POSLE VIŠESTRUKOG ODRAŽAVANJA OD OGLEDALA NA KRAJEVIMA KRISTALA PROBIJA ONO SA DELIMIČNIM ODRAŽAVANJEM I ISIJAVA SE U PROSTOR (c), RUBINSKI KRISTAL JE SMEŠTEN U VALJKASTOM KONTEJNERU ČIJI UNUTRAŠNJI ZID (d) TAKOĐE IMA REFLEKTUJUĆE DEJSTVO U ODNOSU NA SVETLOST BLIC-LAMPE

lje, koje se rasprostire brzinom od 3.10^8 metara u sekundu. Vidljiva svetlost takođe predstavlja elektromagnetske oscilacije, talasne dužine od 0,3 do 0, 8 mikrometara, a emituju je atomi ili molekuli. Analiza procesa koji izaziva isijavanje svetlosti u atomskim sistemima pokazuje da se on razvija po principima kvantne mehanike. Otuda i sinonim lasera — kvantni generatori svetlosti.

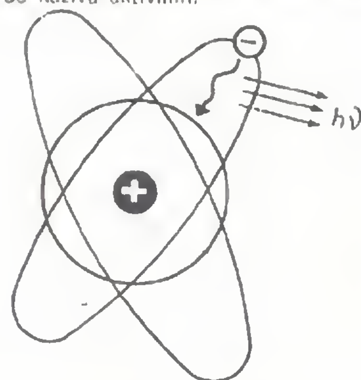
Atomi se sastoje od pozitivno naelektrisanog jezgra i negativno naelektrisanih elektrona koji oko njega kruže. Po planetarnom modelu Bora, elektroni se mogu nalaziti samo na određenim orbitama. Ukoliko su elektroni bliži jezgru, utoliko raspolažu većom energijom. Drugim rečima, orbite elektrona razlikuju se po energijama, i stoga se atom uslovno može predstaviti u vidu skupine energetskih nivoa. Elektroni se obično nalaze na najnižem energetskom nivou, u takozvanom nepobuđenom stanju. Da bi se atomi transformisali u pobuđeno stanje, potrebno im je saopštiti energiju ravnu energiji tog stanja. To pobuđeno stanje atoma je, po pravilu, nepostojano i elektroni se ubrzo vraćaju u osnovno stanje, gubeći pri tom energiju — u vidu toplote ili kvanta svetlosti, fotona. Proces isijavanja svetlosti se obično dešava spontano. Isijavanje pojedinačnih atoma je u tom slučaju neusklađeno, odnosno nekoherentno. Tako, u stvari, zrače svi obični izvori svetlosti (Sunce, sijalica itd.).

Međutim, pored spontanog, postoji i isijavanje pod dejstvom nekog spoljnog zračenja — takozvano indukovano (iznuđeno) zračenje. Kvant svetlosti koji padne na neku materiju izbacuje iz nje isti takav kvant, fo-



SHEMA STVARANJA IMPULSA VELIKE SNAGE: a) — IZMEĐU KRISTALA I DONEKLE PROZRAČNOG OGLEDALA POSTAVLJA SE ZATVARAČ. SVETLIM KRUŽIĆIMA PRIKAZANI SU NEPOBUĐENI ATOMI; b) ZBOG OPTIČKOG »PUMPANJA« DEO ATOMA PRELAZI U POBUĐENO STANJE (CRNI KRUŽIĆI). GENERISANJA NEMA, POŠTO ZATVARAČ SPREČAVA ODRŽAVANJE FOTONA OD DELIMIČNO PROZRAČNOG OGLEDALA; c) ZATVARAČ JE ODSTRANJEN I FOTONI, ODRAŽENI OD DELIMIČNO PROZRAČNOG OGLEDALA, NA PUTU DO DRUGOG OGLEDALA POBUĐUJU NOVE ATOME AKTIVNOG MEDIJA; d) ZAPOČINJE INTENZIVNO GENERISANJE SVETLOSTI

ton. Novi foton ima istu talasnu dužinu, pravac rasprostiranja i druge karakteristike kao i fotoni prispele svetlosti. Indukovano isijavanje, »isijavanje po komandi«, pruža mogućnost upravljanja procesom zračenja svetlosti. Stoga, ono i predstavlja osnovu funkcionisanja lasera. Intenzitet indukovanog isijavanja svetlosti proporcionalan je količini atoma koji se nalaze u pobuđenom stanju. Zbog toga je za rad lasera neophodan medij u kome broj pobuđenih atoma što više premašuje broj atoma u osnovnom stanju. Takav medij se naziva aktivnim.



PLANETARNI MODEL ATOMA BORA. PRELAZEĆI SA UDALJENIJE ORBITE NA BLIŽU, ELEKTRON ISIJAVA ENERGIJU U VIDU SVETLOSNOG KVANTA

Optički rezonator

Za stvaranje aktivnog medija potrebno je da mu se doda određena količina energije ili, kako se kaže, treba ga »napumpati«. U laserima sa čvrstim telom (kristalima, staklom, plastičnim masama) i sa tečnostima, za stvaranje aktivnog medija obično se koriste snažni izvori sveltosti — »optičko pumpanje«. U gasnim laserima se »pumpanje« često ostvaruje propuštanjem kroz radni medij električne struje. To se čini i kod poluprovodničkih lasera, ali se kod njih može koristiti i mlaz brzih elektrona. Veoma povoljni uslovi se stvaraju kada se indukovana svetlost prinuđuje da više puta prolazi kroz aktivni medij. Tada za vreme rada lasera isijavaju svi ili gotovo svi pobuđeni atomi. To se može postići stavljanjem aktivnog medija između dva paralelna ogledala, od kojih jedno potpuno reflektuje, a drugo je delimično prozračno. Ogledala znatno intenziviraju indukovano zračenje koje je strogo usmereno upravno na njihovu površinu. Zato što ona obezbeđuju povoljne uslove generisanja laserske svetlosti, nazivaju se optički rezonatori.

Pri prelasku sa višeg na niži pobudni nivo, primljena energija se u obliku svetlosti određene frekvencije ponovo isijava. Taj prelaz se kod lasera ne vrši spontano i

u sve strane kao kod običnih svetlosnih izvora, nego strogo usmoreno. Naime, zračenja u aktivnom mediju, indukovano nekim spoljnim snažnim svetlosnim izvorima, na primer blic-lampom, više puta se reflektuje od paralelnih ogledala — a ona se kod rubinskih lasera nalaze na krajevima brušenog rubinskog štapića—kristala — i u toku tog ponavljanog prolaženja izaziva sve više emisija, odnoano postaje sve gušći fotonski oblak. Ovako pojačano monohromatsko (jednobrojno) i koherentno (usnopljeno) zračenje probija ono delimično prozračno ogledalo (1—3 odsto) i u toku strogo pravolinijskog i silovitog prolaženja kroz prostor, ili na svom cilju, obavlja niz korisnih zadataka.

Sa čvrstim i tečnim medijem

Pored rubina, za izradu lasera sa čvrstim telom koriste se i kristali volfram—kalcijuma sa primesama neodijuma, prazeodijuma, erbijuma, zatim, kristali fluor—kalcijuma sa primesom disporzijuma, itrijum—aluminijumski granat sa primesom neodijuma i druge materije. Veliku grupu lasera sa čvrstim telom predstavljaju stakla sa raznim primesama.

U novije vreme realizovan je efikasan metod dobijanja laserskih impulsa džinovsko snage. Pri običnom radu lasera, generisanje započinje odmah posle postizanja izvesnog praga »naseljenosti« pobuđenih atoma, zbog čega samo relativno mali deo atoma učestvuje u generisanju. Međutim, ako se između radnog medija i jednog od ogledala ugradi »zatvarač« koji ne propušta zračenje do ogledala, do generisanja neće doći odmah, pa će se za vreme »pumpanja« pobuditi gotovo svi aktivni atomi materije. U tom trenutku se otvara zatvarač, pobuđeni atomi dospevaju do ogledala i gotovo trenutno počinju da generišu svetlost; u jednom impulsu isijava se svetlosti džinovske snage. U ribinskom laseru ona dostiže 2 milijarde, a u laseru sa staklenim medijem 6 milijardi vata.

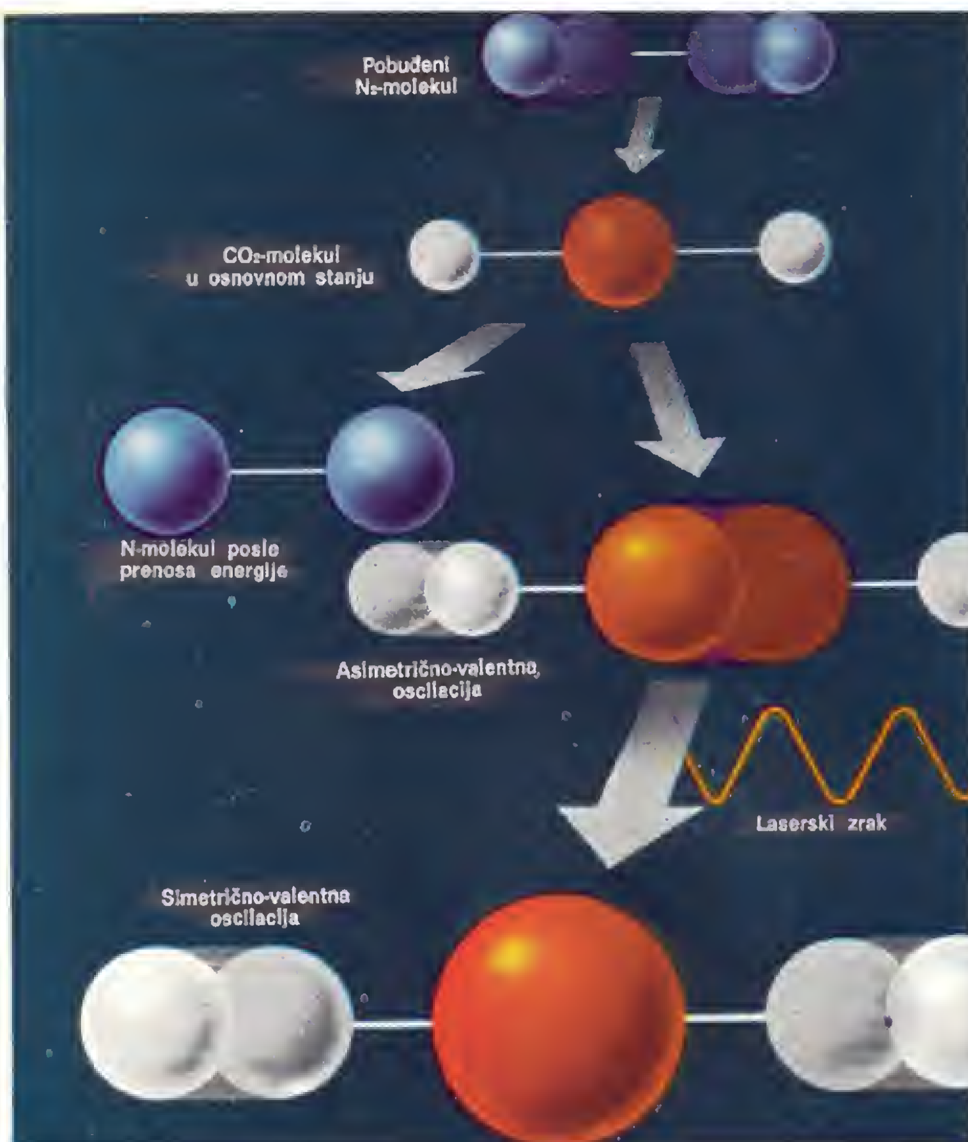
Kod tečnih lasera se laserski medij sastoji od neke tečnosti zatvorene u kiveti sa dva ogledala na njenim krajevima. Pobuđivanje atoma se vrši na principijelno isti način kao i kod rubinskog lasera.

Gasni laseri

Gasni laseri, u poređenju sa laserima koji imaju čvrsti medijum, imaju izvesne prednosti, ali i neke mane. Čisti gasovi su homogeniji, zbog čega se svetlost pri prolasku kroz gas manje rasipa i manje izobličuje, odnosno ostaje oštro usnopljena, pa neće biti apsorbovana od stranih supstanci. Gustina materije im je manja nego kod čvrstih materijala. Zbog toga je i gustina energije gasnih lasera manja, s izuzetkom CO_2—lasera koji i zbog nekih drugih osobenosti zaslužuje posebnu pažnju.

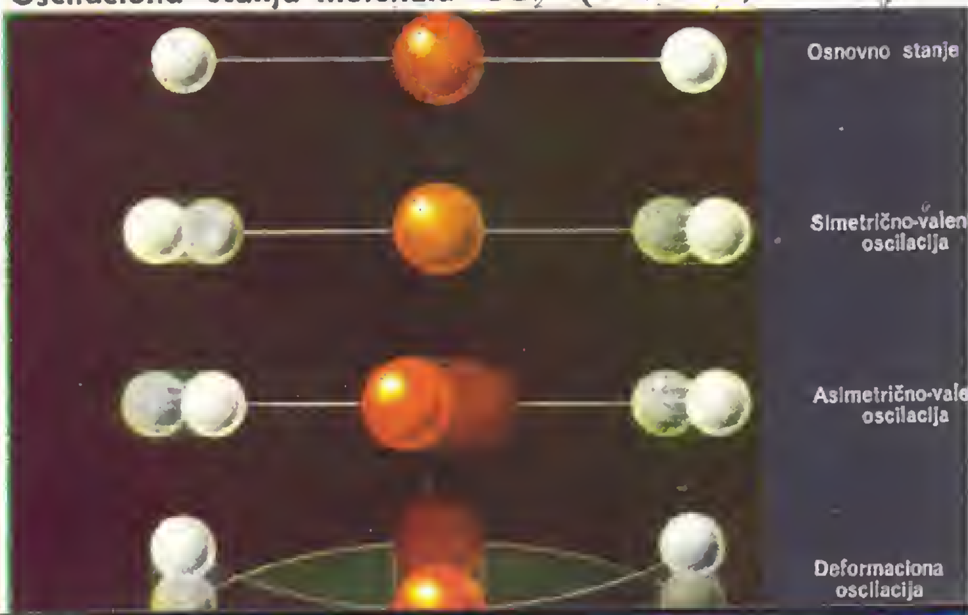
CO_2 — laser može da radi pod visokim gasnim pritiskom i zbog toga je gustina energije njegovog zračenja bliska onoj koju imaju laseri sa čvrstim telom. Pogodnost CO_2 kao laserskog medija uslovljena je strukturom njegovih molekula. Pojedinačni atomi mogu se aktivirati samo podizanjem njihovih elektrona na više energetsko nivoe, za šta je neophodna velika količina energije. Međutim, slobodni molokuli, kao kompleksne strukture mogu početi da osciluju i pod dejstvom nižih energija, na primer pri sudarima usled sopstvenog termičnog kretanja. Ta oscilatorna stanja u svom zbiru takođe proširuju moguće energetske nivoe.

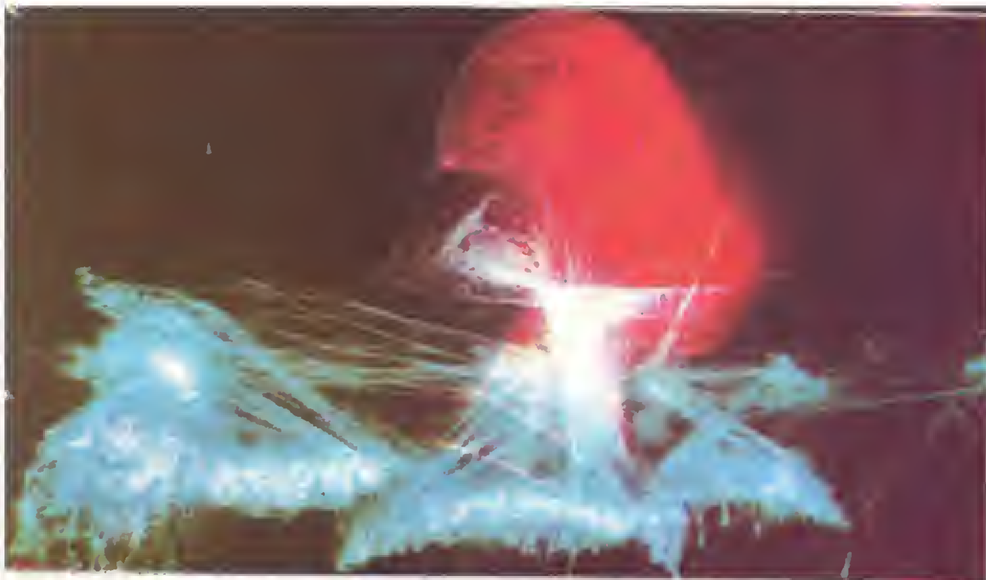
Struktura molekula ugljen-dioksida (CO_2) je u tom pogledu naročito povoljna. Ona se može predstaviti kao linearno simetrična



RUBINSKI LASER BIO JE 1960. GODINE PRVI FUNKCIONALNO OSPOSOBLJEN LASERSKI UREĐAJ. VEĆ TADA JE BIO U STANJU DA BUŠI METALNU PLOČU OSCILACIONA STANJA MOLEKULA CO_2 STVARAJU VEOMA POVOLJNE USLOVE ZA LASERSKO ZRAČENJE. OSCILIRAJUĆI MOLEKULI N_2 U STANJU SU DA POBUDE VISOKOENERGETSKE OSCILACIJE MOLEKULA CO_2, KOJI SE ONDA, UZ LASERSKO ZRAČENJE, VRAĆAJU U STANJA NIŽIH ENERGIJA

Oscilaciona stanja molekula CO_2 (C - crveno, O - belo)





LASERI SE KORISTE I ZA EFEKTNO OSVETLJAVANJE POZORIŠNIH BINA. NAJČEŠĆE SE PRIMENJUJU SLEDEĆE KOMBINACIJE: HELIJUMSKO-NEONSKI LASER ZA CRVENU, ARGONSKI LASER ZA ZELENU I KRIPTONSKI LASER ZA TIRKIZNU BOJU

NAJVAŽNIJA STANJA OSNOVNIH OSCILACIJA MOLEKULA CO_2 ODGOVARAJU ODREĐENIM ENERGETSKIM NIVOIMA. ENERGETSKI SNAŽNO STANJE JE ASIMETRIČNO-VALENTNA OSCILACIJA. UZ ISIJAVANJE FOTONA U INFRACRVENOM PODRUČJU, ONA SE MOŽE POBUDITI DA GENERIŠE LASERSKO ZRAČENJE, PRI ČEMU PRELAZI NA NIŽA OSCILACIONA STANJA



tvorevina: atom ugljenika nalazi se u sredini, a desno i levo se nalaze po jedan atom kiseonika. U normalnom stanju, miruju sva tri atoma relativno jedan prema drugom. Ali, kad je molekulu dopremljeno dovoljno energije, onda atomi stalno menjaju svoja uzajamna mesta. Pri tom, postoje tri vrste unutarmolekularnih kretanja: atomi kiseonika mogu se ritmički udaljavati i približavati atomu ugljenika, tako da se molekularne osovine »isteže« i »steže«. To je takozvana simetrično-valentna oscilacija. Kod asimetrično-valentno oscilacije atom ugljenika se približava jednom ili drugom, odnosno udaljava se od jednog ili drugog atoma kiseonika. Treće oscilatorno kretanje je takozvana *deformaciona oscilacija:* molekularna osovina se ritmički savija tako da se sva tri atoma klate pod pravim uglom u odnosu na osovinu molekula.

Svakoj od te tri vrste oscilacije odgovara jedna određena energetska sadržina pobuđenog molekula. Međutim, oscilacije molekula su kvantovane — odnosno mogući su samo određeni energetski atupnjevi. Zbog toga se na donjim oscilacionim nivoima veoma lako postiže »prenaseljenost« sa molekulima određenog oscilacionog stanja s time i energetskog nivoa. U stvari, aktivno stanje CO_2—medija se postiže preko dva stepena: najpre se elektronima pobuđuju čestice nekog pomoćnog gasa pomešanog sa CO_2, a zatim se njegova energija neelastičnim sudarima pronosi na čestice radnog gasa, to jest CO_2. Rezultat: »prenaseljenost« na pobuđenom višem laserskom nivou radnog gasa.

Višestruka primena

CO_2—laser sa dodatkom azota je izvanredan primer za razvoj datog metoda, jer se u molekulu azota N_2 koji shematski predstavlja »simetričnu gimnastičku dulad sa ručicom«, prvi nivo osicilacione energije dobro usklađuje sa prvim nivoom asimetrično-valentne oscilacije molekula CO_2. Zbog svoje oscilaciono simetrije molekuli N_2 su skupljači i čuvari energije. Pri pražnjenju gasa najpre dolazi do pobuđivanja oscilacija azotnih molekula, posle čega pobudna energija prelazi na molekule CO_2 — tačnije, na više lasersko stanje molekula CO_2. Pri prelasku sa višeg na niži nivo emituje se lasersko zračenje. Raseljavanje nižih laserskih stanja praćeno je transformisanjem pobudne energije u toplotu. Dolazi do zagrevanja gasa. Rastojanje među nivoima dostiže značajan deo rastojanja između najnižeg (osnovnog) i najvišeg laserskog nivoa. I upravo otuda proizlazi visok stepen iskorišćenja CO_2—lasera. Najveći mogući korisni efekat je ravan odnosu rastojanja između gornjeg i donjeg laserskog nivoa prema osnovnom, i dostiže 43 odsto, što je veoma povoljno. Međutim, radi se na razvoju još kvalitetnijih CO_2—lasera.

Gotovo nema oblasti nauke i tehnike u kojoj se ne primenjuju laseri ili bar ne vrše istraživanja radi njihovog korišćenja. U medicini se koriste umesto skalpela za najsuptilnije hirurške intervencije, u tehnologiji — za bušenje submilimetarskih rupica i u najčvršćim materijalima, u tehnici veza — za prenos ogromnog broja informacija i televizijskih programa, u termonuklearnoj tehnici — kao »upaljač« za kontrolisanu termonuklearnu fuziju, u radarskoj tehnici — za najpreciznija merenja odstojanja (rastojanje do Meseca izmereno je laserom s tačnošću od svega 10 cm!), u agrotehnici — za povećanje plodnosti somena raznih kultura, u seizmologiji — za predskazivanje zemljotresa, u računarskoj tehnici — za radikalno ubrzavanje rada kompjutera, u holografiji, elektronskoj mikroskopiji, mikroelektronici itd.

Bez ikakvog preterivanja može se reći da era najšire primena lasera tek predstoji.

Pobuđeni
N_2-molekul

CO_2-molekul
u osnovnom stanju

N-molekul posle
prenosa energije

Asimetrično-valentna,
oscilacija

Laserski zrak

Simetrično-valentna
oscilacija

RUBINSKI LASER BIO JE 1960. GODINE PRVI FUNKCIONALNO OSPOSOBLJEN LASERSKI UREĐAJ. VEĆ TADA JE BIO U STANJU DA BUŠI METALNU PLOCU OSCILACIONA STANJA MOLEKULA CO_2 STVARAJU VEOMA POVOLJNE USLOVE ZA LASERSKO ZRAČENJE. OSCILIRAJUĆI MOLEKULI N_2 U STANJU SU DA POBUDE VISOKOENERGETSKE OSCILACIJE MOLEKULA CO_2, KOJI SE ONDA, UZ LASERSKO ZRAČENJE, VRAĆAJU U STANJA NIŽIH ENERGIJA

Oscilaciona stanja molekula CO_2 (C - crveno, O - belo)

